

S1. 1 PN='7-029816'
?t 1/5/1

1/5/1
DIALOG(R) File 347:JAPIO
(c) 2002 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

04709216 **Image available**
PROJECTION ALIGNER AND FABRICATION OF SEMICONDUCTOR ELEMENT EMPLOYING IT

PUB. NO.: 07-029816 [JP 7029816 A]
PUBLISHED: January 31, 1995 (19950131)
INVENTOR(s): HAYATA SHIGERU
TAKAHASHI KAZUHIRO
APPLICANT(s): CANON INC [000100] (A Japanese Company or Corporation), JP
(Japan)
APPL. NO.: 05-196908 [JP 93196908]
FILED: July 14, 1993 (19930714)
INTL CLASS: [6] H01L-021/027; G03F-007/20
JAPIO CLASS: 42.2 (ELECTRONICS -- Solid State Components); 29.1 (PRECISION
INSTRUMENTS -- Photography & Cinematography)
JAPIO KEYWORD: R098 (ELECTRONIC MATERIALS -- Charge Transfer Elements, CCD &
BBD)

ABSTRACT

PURPOSE: To transfer the pattern of a reticle easily with high revolving power onto the surface of a wafer by providing means for measuring the incident angle of a light beam, coming from a position conjugate to a secondary light source, to the surface of a substrate thereby monitoring the inclination angle of wafer main light beam accurately.

CONSTITUTION: A light emitting section 1a, a second focal point 4, and the incident plane 6a of an optical integrator 6 are substantially in a conjugate relationship. A masking blade 10, a reticle 12, and a wafer 15 are also in a conjugate relationship. Furthermore, the diaphragm and the pupil plane 14 of a projection optical system 13 are substantially in a conjugate relationship. A pattern on the surface of the reticle 12 is reduction projected onto the surface of the wafer 15. The inclination angle of wafer main light beam is determined from the distance between the centers of effective light source images on and off the optical axis formed on the pupil plane 14 of the projection optical system 13.

【特許請求の範囲】

【請求項1】光源からの光束を照明系により被照射面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系により基板面上に投影し露光する際、該照明系は該光源からの光束を集光して2次光源を形成し、該2次光源を該投影光学系の瞳面近傍に結像する光学系と、該投影光学系の瞳面と共役な面内において、該2次光源と共役な位置から射出する光線の該基板面への入射角度を測定する検出手段とを有していることを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】前記検出手段は、前記被照射面の近傍又は該被照射面と共役な面付近に設けたピンホールと該ピンホールを介した光を検出する為に、前記投影光学系の瞳面と共役な面内に設けた検出器とを有していることを特徴とする請求項1の投影露光装置。

【請求項3】前記検出手段は、前記基板面の近傍に設けたピンホールと該ピンホールを介した光を検出する為に、前記投影光学系の瞳面と共役な面内に設けた検出器とを有していることを特徴とする請求項1の投影露光装置。

【請求項4】光源からの光束を照明系により集光してレチクル面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系によりウエハ面上に投影し露光した後に、該ウエハを現像処理工程を介して半導体素子を製造する際、該照明系は該光源からの光束を集光して2次光源を形成し、該2次光源を該投影光学系の瞳面近傍に結像しており、該投影光学系の瞳面と共役な面内に設けた検出手段により該2次光源と共役な位置から射出する光線の該基板面への入射角度を測定していることを特徴とする半導体素子の製造方法。

【請求項5】前記検出手段は、前記被照射面の近傍又は該被照射面と共役な面付近に設けたピンホールと該ピンホールを介した光を検出する為に、前記投影光学系の瞳面と共役な面内に設けた検出器とを有していることを特徴とする請求項4の半導体素子の製造方法。

【請求項6】前記検出手段は、前記基板面の近傍に設けたピンホールと該ピンホールを介した光を検出する為に、前記投影光学系の瞳面と共役な面内に設けた検出器とを有していることを特徴とする請求項4の半導体素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は投影露光装置及びそれを用いた半導体素子の製造方法に関し、具体的には半導体素子の製造装置である所謂ステッパーにおいて、レチクル面上のパターンを適切に照明し高い解像力が容易に得られるようにしたものである。

【0002】

【従来の技術】最近の半導体素子の製造技術の進展は目覚ましく、又それに伴う微細加工技術の進展も著しい。特に光加工技術は1 μ mの半導体素子の製造を境にサ

ブミクロンの解像力を有する微細加工の技術まで達している。解像力を向上させる手段として、これまで多くの場合、露光波長を固定して光学系のNA（開口数）を大きくしていく方法を用いていた。

【0003】しかし最近では露光波長をg線からi線に変えて超高圧水銀灯を用いた露光法により解像力を向上させる試みも種々と行なわれている。又、エキシマレーザーに代表される、更に短い波長の光を用いることにより解像力の向上を図る方法が種々と提案されている。短波長の光を用いる効果は一般に波長に反比例する効果を持っていることが知られており、波長を短くした分だけ焦点深度は深くなる。

【0004】この他、本出願人はレチクル面上への照明方法を変えることにより、即ちそれに応じて投影光学系の瞳面上に形成される光強度分布（有効光源分布）を種々と変えることにより、より解像力を高めた露光方法及びそれを用いた投影露光装置を、例えば特願平3-28631号（平成3年2月22日出願）で提案している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】実際の半導体集積回路の製造工程は、パターンの高い解像性能が必要とされる工程、それほどパターンの解像性能は必要とされない工程と種々様々である。又、レチクル面上に形成されているパターン形状も水平方向、垂直方向の他に斜方向と種々の形状のパターンがある。この為、パターン形状に応じた種々の照明方法（変形照明法）がとられている。

【0006】一方、投影露光装置で用いている投影光学系は両テレセントリック光学系、又は片側テレセントリック光学系より成り、ウエハの側において主光線（2次光源の中心、オブティカルインテグレーターの中心又は絞りの中心を通る光線）が垂直に入射する（この時の主光線の入射角度を以下“ウエハ主光線傾き角”と呼ぶ）。このとき主光線がウエハに垂直に入射しないとディストーション等の諸収差の影響により投影パターン像の画質が低下してくる。

【0007】パターン形状により、照明方法を種々と切り換えて照明する変形照明法を用いた場合、被照射面上で生じる照度ムラをとる方法として、例えば照明系のズーム機能を作動させる方法がある。この時ウエハ主光線傾き角が垂直とならずに種々と変化してくる場合がある。

【0008】しかしながら、簡易な構成により像性能に大きく影響するウエハ主光線傾き角を精度良く測定し、モニターすることは大変難しいという問題点があった。

【0009】本発明はウエハ主光線傾き角を簡易な構成により精度良くモニターすることにより、レチクル面上のパターンをウエハ面上に高い解像力で容易に露光転写することができる投影露光装置及びそれを用いた半導体素子の製造方法の提供を目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の投影露光装置は、

(1-1) 光源からの光束を照明系により被照射面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系により基板上に投影し露光する際、該照明系は該光源からの光束を集光して2次光源を形成し、該2次光源を該投影光学系の瞳面近傍に結像する光学系と、該投影光学系の瞳面と共役な面内において、該2次光源と共役な位置から射出する光線の該基板面への入射角度を測定する検出手段とを有していることを特徴としている。

【0011】特に、前記検出手段は、前記被照射面の近傍又は該被照射面と共役な面付近に設けたピンホールと該ピンホールを介した光を検出する為に、前記投影光学系の瞳面と共役な面内に設けた検出器とを有していることや、前記検出手段は、前記基板面の近傍に設けたピンホールと該ピンホールを介した光を検出する為に、前記投影光学系の瞳面と共役な面内に設けた検出器とを有していること等を特徴としている。

【0012】又、本発明の半導体素子の製造方法としては、

(1-2) 光源からの光束を照明系により集光してレチクル面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系によりウエハ面上に投影し露光した後に、該ウエハを現像処理工程を介して半導体素子を製造する際、該照明系は該光源からの光束を集光して2次光源を形成し、該2次光源を該投影光学系の瞳面近傍に結像しており、該投影光学系の瞳面と共役な面内に設けた検出手段により該2次光源と共役な位置から射出する光線の該基板面への入射角度を測定していることを特徴としている。

【0013】特に、前記検出手段は、前記被照射面の近傍又は該被照射面と共役な面付近に設けたピンホールと該ピンホールを介した光を検出する為に、前記投影光学系の瞳面と共役な面内に設けた検出器とを有していることや、前記検出手段は、前記基板面の近傍に設けたピンホールと該ピンホールを介した光を検出する為に、前記投影光学系の瞳面と共役な面内に設けた検出器とを有していること等を特徴としている。

【0014】

【実施例】図1は本発明の実施例1の要部概略図である。

【0015】図中、2は楕円鏡である。1は光源としての発光管であり、紫外線及び遠紫外線等を放射する高輝度の発光部1aを有している。発光部1aは楕円鏡2の第1焦点近傍に配置している。3はコールドミラーであり、多層膜より成り、大部分の赤外光を透過すると共に大部分の紫外光を反射させている。楕円鏡2はコールドミラー3を介して第2焦点4近傍に発光部1aの発光部像(光源像)1bを形成している。

【0016】5はレンズ系であり、コンデンサーレンズやズームレンズ等から成り、第2焦点4近傍に形成した

発光部像1bをオプティカルインテグレート6の入射面6aに結像させている。オプティカルインテグレート6は複数の微小レンズ(ハエの眼レンズ)6-1($i=1\sim N$)を2次的に所定のピッチで並列して構成しており、その射出面6b近傍に2次光源を形成している。

【0017】7は絞りであり、通常の絞りや、図2(A)、(B)に示すような投影レンズ13の瞳面14上の光強度分布を変化させる輪帯照明用絞り7aや4重極照明用絞り7b等から成っている。7pはアクチュエーターであり、絞り7を切り替えている。本実施例では、絞り7を交換することにより照明方法を種々と切り替えている。

【0018】8は集光レンズ(コンデンサーレンズ)である。集光レンズ8は照明方法を切り替えた時の、後述するレチクル面上の照度ムラを補正する為にズーム系より構成している。オプティカルインテグレート6の射出面6b近傍の2次光源から射出した複数の光束は集光レンズ8で集光され、ミラー9で反射させてマスキングブレード10に指向し、該マスキングブレード10面を均一に照明している。マスキングブレード10は複数の可動の遮光板より成り、任意の開口形状が形成されるようにしている。

【0019】11は結像レンズ(コンデンサーレンズ)であり、マスキングブレード10の開口形状を被照射面としてのレチクル12面に転写し、被照射面としてのレチクル12面上の必要な領域を均一に照明している。

【0020】13は投影光学系(投影レンズ)であり、レチクル12面上の回路パターンをウエハチャックに載置したウエハ(基板)15面上に縮小投影している。14は投影光学系13の瞳面である。集光レンズ8と結像レンズ11は射出面6bを投影光学系13の瞳面14に結像させる光学系を構成している。

【0021】本実施例においては、発光部1aと第2焦点4とオプティカルインテグレート6の入射面6aが略共役関係となっている。又、マスキングブレード10とレチクル12とウエハ15が共役関係となっている。又、絞り7と投影光学系13の瞳面14とが略共役関係となっている。

【0022】本実施例では以上のような構成により、レチクル12面上のパターンをウエハ15面上に縮小投影露光している。そして所定の現像処理工程を経て半導体素子を製造している。

【0023】本実施例では、ウエハ主光線傾き角を投影光学系13の瞳面14上における光軸上の有効光源像と軸外の有効光源像の中心間の距離より求めている。

【0024】次に、投影光学系13の瞳面14の有効光源像の測定方法について説明する。

【0025】本実施例においては、有効光源像を測定する時はレチクル12を光路中よりどけるか、又はレチクルと同じ厚さのガラスで作られ光を透過する所謂ダミー

レチクルを取付けている。又、ウエハ15も光路中よりどけている。

【0026】図1において、101はウエハ15の位置付近に置かれた有効光源像測定用のピンホールであり、ピンホール101はアクチエーター102により有効光源像を測定したい位置に自由に動かすことができるように構成している。100は有効光源像を検出する為の検出器であり、アクチエーター103により、ピンホール101の動きにともない動かすことができるように構成している。

【0027】ピンホールカメラの原理により、瞳面14の像が検出器100面上に形成される。このとき検出器100をウエハ光軸14a方向にずらすことによって、有効光源像の大きさ(倍率)を変えることができる。このようにして瞳面14と共役な面に設けた検出器100で有効光源像の分布を測定している。

【0028】本実施例では、ピンホール101の位置を動かすことにより、軸上及び軸外のいろいろな位置での有効光源像を測定している。このときピンホール101の移動に合わせて、検出器100も動かしている。検出器100はピンホール101の下側に置かれ、下側ほど有効光源像の大きさは大きくなる。

【0029】測定される有効光源の像はオプティカルインテグレーター6を構成する個々のハエの目レンズの像から構成している。

【0030】検出器100として、例えばCCD等の2次元検出器を用いれば一度に有効光源像分布を測定することができる。又、測定領域の小さな検出器を用いてウエハ15面と平行な面内をスキャンして有効光源像分布を測定しても良い。

【0031】検出器100はウエハ15上のピンホール101の位置に対応して、ウエハ面に平行な面内で移動させている。これにより、軸上及び軸外のいろいろな位置での有効光源像が測定できるようにしている。

【0032】本実施例では、有効光源像を求める際には、先ず図1の絞り7を図3(B)に示すような中心マーク入りの絞り7cに交換している。このとき、その中心マークから来る光が主光線となる。有効光源像の中心は、その中心マークの位置を検出器100で測定して求めている。中心マーク入りの絞り7cとしては、ワイヤ等で十字線を張ったものや、薄いガラスに中心マークをつけたものを用いている。

【0033】又、中心マーク入りの絞りを用いなくても、有効光源像の中心を求めることができる。例えば有効光源像はハエの目レンズを構成する微小レンズによる像から構成されており、個々の微小レンズの像には楕円ミラー2の開口部が見えている。ハエの目レンズの中心と楕円ミラー2の開口部の中心は略一致しており、楕円ミラー2の開口部の中心は暗くなっているため、これより容易に有効光源像の中心を判定することができる。

【0034】ウエハ主光線傾き角は、次のようにして求めている。

【0035】図3において、ウエハ15面の相当位置に置かれた軸上と軸外のピンホール101間の距離をa、ピンホール101と検出器100との距離をbとし、それぞれのピンホールによりできる有効光源像(中心絞りの像)の中心間の距離Lを測定する。

【0036】このとき、ウエハ主光線傾き角 θ は $\theta = \tan^{-1}((L-a)/b)$ で求めている。

【0037】尚、本実施例では、検出器100によりウエハ主光線傾き角 θ の他に、有効光源分布・形状、ウエハに到達する光量(露光量に対応)等も測定している。

【0038】例えば、有効光源像の形状を求める場合は、図3(B)の有効光源像の長径L1またはL2を測定して求めている。CCD等の2次元検出器を用いれば一度にL1、L2を測定することができる。又、測定領域の小さな検出器を用いて、それを動かすことによりL1、L2を測定しても有効光源像の形状を測定することができる。

【0039】本実施例では、光源1として水銀ランプ等の高圧ランプを用いた場合を示したが、例えばエキシマレーザ等の紫外線光源を用いても良い。

【0040】図4は本発明の実施例2の一部分の要部概略図である。図中、図1で示した要素と同一要素には同符号を付している。

【0041】本実施例は、図1の実施例1に比べてピンホール100をウエハ面15の代わりにレチクル12面付近に配置して、有効光源像を検出器100で測定している点が異なっており、その他の構成は同じである。

【0042】本実施例では、図1の実施例1と同様にピンホール101をレチクル12面と平行な面内で移動させて、軸上及び軸外のいろいろな位置での有効光源像を測定し、これよりウエハ主光線傾き角 θ を求めている。尚、ピンホール101の移動に対応して検出器100も移動させている。

【0043】図5は本発明の実施例3の一部分の要部概略図である。図中、図1で示した要素と同一要素には同符号を付している。

【0044】本実施例は、図1の実施例1に比べて結像レンズ11とレチクル12との間にハーフミラー104を配置し、該ハーフミラー104で反射した光束を利用してピンホール101と検出器100で有効光源像を測定し、ウエハ主光線傾き角 θ を求めている点が異なっており、その他の構成は同じである。

【0045】図5において、ピンホール101はレチクル2と略共役な位置に配置している。そして図1の実施例1と同様にして、ピンホールカメラの原理により、検出器100で有効光源像を測定している。ピンホール101はレチクル12面と光学的に平行な面内において移

動させて軸上及び軸外のいろいろな位置での有効光源像を測定している。尚、ピンホール101の移動に対応して検出器100も移動させている。

【0046】本実施例では、ウエハ主光線傾き角は直接測定することができない。そこで、レチクル相当位置で主光線が傾く角度を測定することにより、ウエハにどのような角度で主光線が入射するかを求めている。例えば図3において、あるウエハ位置において、主光線が垂直に入射する為には相当するレチクル位置において、ある角度 θ で主光線を入射させなければならないとする（これは投影レンズの光線追跡をすれば容易にわかる）。従って、この角度 θ からのズレを測定することにより、ウエハ主光線傾き角を求めている。

【0047】尚、本実施例においても、有効光源像の測定手段によりウエハ主光線傾き角の他に、有効光源分布・形状、ウエハに到達する光量（露光量に対応）等も測定している。次に上記説明した投影露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法の実施例を説明する。

【0048】図6は半導体デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、或いは液晶パネルやCCD等）の製造のフローを示す。ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。

【0049】一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いてリソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。

【0050】次のステップ5（組立て）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0051】図7は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。

【0052】ステップ16（露光）では上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト

剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0053】本実施例の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを製造することができる。

【0054】

【発明の効果】本発明によれば以上のように各要素を設定することにより、ウエハ主光線傾き角を高精度に測定し、レチクル面上の各種のパターンをウエハ面上に高い解像力で容易に露光転写することができる投影露光装置及びそれを用いた半導体素子の製造方法を達成することができる。

【0055】特に、投影パターン像の像性能に大きく影響を与えるウエハ主光線傾き角を正確にモニターできる。特にズームレンズ機能、プリズム交換機能、絞り交換機能等を持つ複数の照明モードを持つ照明系においては、それぞれの照明モードが希望するようなウエハ主光線傾き角を持つかどうかをモニターできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の要部概略図

【図2】図1の絞りの説明図

【図3】図1の一部分の拡大説明図

【図4】本発明の実施例2の一部分の要部概略図

【図5】本発明の実施例3の一部分の要部概略図

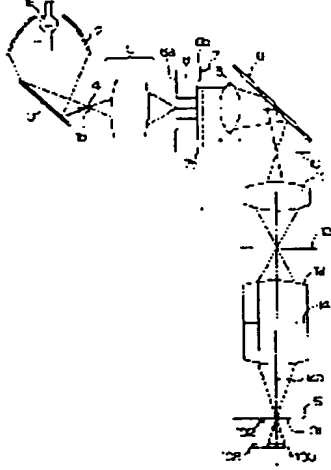
【図6】本発明の半導体素子の製造方法のフローチャート

【図7】本発明の半導体素子の製造方法のフローチャート

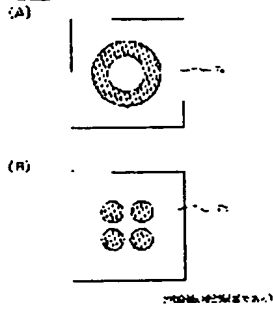
【符号の説明】

- 1 光源
- 2 絞り
- 3 コールドミラー
- 5 レンズ系
- 6 オプティカルインテグレータ
- 7 絞り
- 7a 虹彩絞り
- 8 集光レンズ
- 9 ミラー
- 9a ハーフミラー
- 10 マスキングブレード
- 11 結像レンズ
- 12 レチクル
- 13 投影光学系
- 14 瞳面
- 15 レチクル
- 100 検出器
- 101 ピンホール

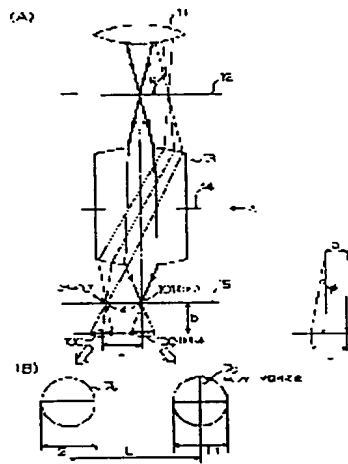
【図1】



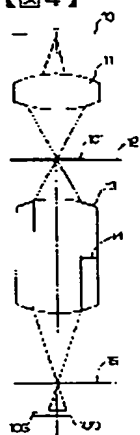
【図2】



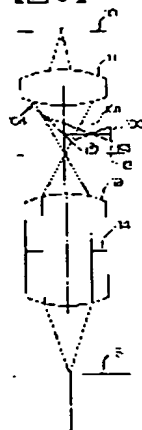
【図3】



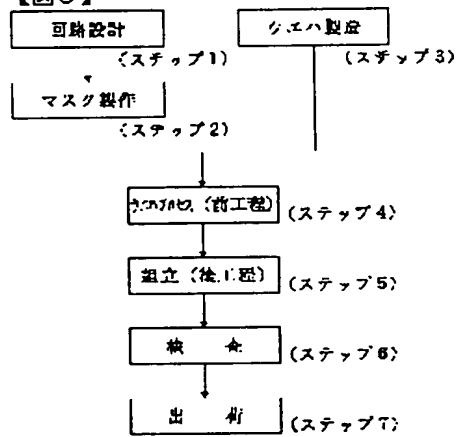
【图4】



【图5】



【図6】



【图7】

